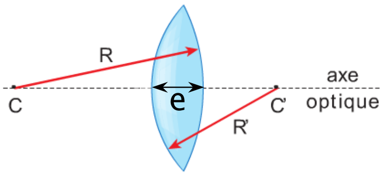
Résumé du cours d'OPTIQUE

Qu'est-ce qu'une lentille ?

Un **dioptre** est la surface de séparation entre deux **milieux** (matériaux) transparents différents.
Une **lentille** est un milieu transparent limité par deux dioptres sphériques (l'un des deux dioptres peut être plan)

La lentille est **convergente** si elle est plus épaisse au centre que sur les bords (sinon elle est **divergente**).
Si on positionne une lentille convergente à proximité de cette feuille, on observe à travers elle le texte plus gros.
Dans le cas d'une lentille divergente le texte apparaitrait plus petit.

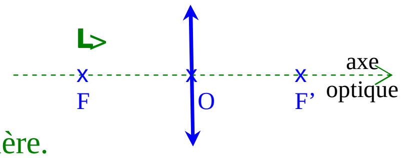


Une lentille est **mince** si son épaisseur au centre **e** est « petite » devant les rayons de courbure (R et R') de ses faces.

Le **symbole** d'une lentille mince convergente est :

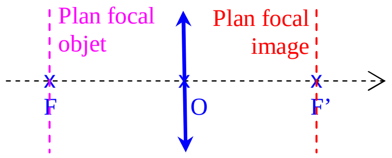
Une lentille est caractérisée par :

* son **centre optique O** = le centre de symétrie de la lentille.
* son **axe optique** = axe perpendiculaire à la lentille et passant par O.
L'axe optique est **orienté positivement** dans le sens de propagation de la lumière.



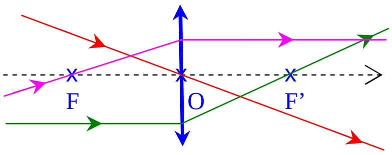
* son **foyer objet F** et son **foyer image F'**, symétriques par rapport au centre optique O.
* sa **distance focale f ' = $\overline{\textbf{OF'}}$** (mesure algébrique positive pour une lentille convergente) exprimée en m ou sa **vergence c =1/f '**. Son unité est la **dioptrie** de symbole **δ** (ou m^{-1}).

* son **plan focal objet** = plan perpendiculaire à l'axe optique, passant par F.
* son **plan focal image** = plan perpendiculaire à l'axe optique, passant par F'.



Marche d'un rayon lumineux à travers une lentille mince convergente.

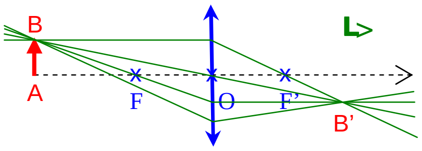
- Tout rayon incident passant par le centre optique O de la lentille n'est pas dévié.
- Tout rayon incident parallèle à l'axe optique ressort de la lentille en passant par son foyer image F'.
- Tout rayon incident passant par le foyer objet F ressort de la lentille parallèle à l'axe optique.



Objets et images :

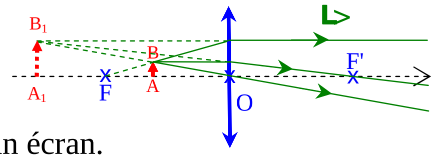
Un **point objet** se trouve à l'**intersection** de plusieurs rayons lumineux **incidents** (arrivant vers la lentille).
Un **objet** est par définition un ensemble de points objets.

On symbolise un objet par une flèche (notée AB) ayant son origine sur l'axe optique de la lentille et perpendiculaire à cet axe optique.

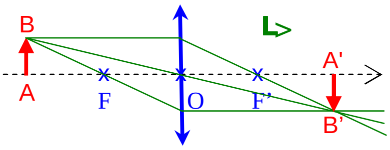


Si l'image B' est située après la lentille, elle est **réelle**.
Une image réelle peut être visualisée en plaçant un écran dans le plan où elle se forme.

Si l'image B_1 est située avant la lentille, sur le prolongement des rayons réfractés, elle est **virtuelle**. Une image virtuelle ne peut pas être visualisée sur un écran.



Si l'objet s'approche de la lentille, son image s'en éloigne puis devient virtuelle.
La distance minimale entre un objet et son image réelle est égale à $4 \times OF'$



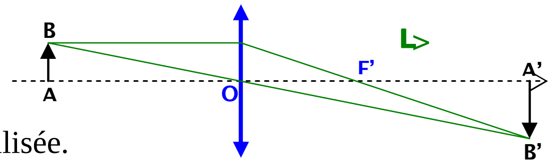
Modèle de la lentille mince :

Un **modèle** est une représentation simplifiée et idéalisée de la réalité (on néglige certains défauts).
La lentille mince est une modélisation de la lentille réelle qui présente les deux propriétés suivantes :

- **stigmatisme :** tous les rayons lumineux incidents passant par un même point objet B traversent la lentille et en ressortent en se coupant en un même point, appelé point **image** et noté B'.
- **aplanétisme** : l'image d'un objet plan AB perpendiculaire à l'axe optique est plane et perpendiculaire à l'axe optique, notée A'B'.

exosup.com page facebook

Relation de conjugaison :



Elle permet de déterminer par le calcul la position de l'image connaissant la position de l'objet et la distance focale de la lentille utilisée.

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OF'}}$$

Grandissement γ de la lentille :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

Attention ! Ces relations font intervenir des mesures algébriques qui ont un signe + ou – .

Si γ est négatif, l'image est renversée par rapport à l'objet. Si γ est positif, l'image est droite.
Si $|\gamma|$ est inférieur à 1, l'image est plus petite que l'objet.

Exemple : *En supposant que le point objet A soit situé 20,0cm avant la lentille et que son image A' se trouve 30,0cm après la lentille, déterminer la distance focale de la lentille ainsi que sa vergence C .*

Attention aux signes ! $\overline{OA}$ = – 0,200m $\overline{OA}$'= + 0,300m relation de conjugaison : $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OF'}}$

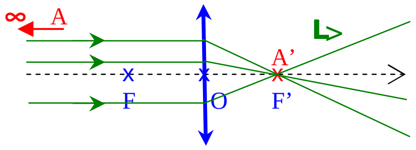
Donc C = 1 / $\overline{OF}$' = (1/0,300) – (1/–0,200) = (2/0,600) + (3/0,600) = 5/0,600 = 8,33 δ ⇒ $\overline{OF}$'= 0,600/5 = 0,120m

Calculer le grandissement dans ce cas : γ = $\overline{OA}$'/ $\overline{OA}$ = 0,300 /(–0,200) = –1,50

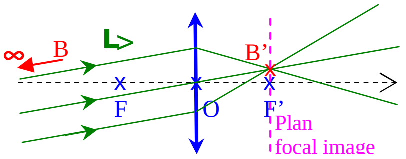
Quelles sont les caractéristiques de l'image A'B'? $\overline{OA}$' > 0 donc l'image est réelle car située après la lentille (donc sur les rayons émergeants de la lentille et non pas sur leurs prolongements avant la lentille).

D'autre part cette image est renversée car γ est négatif , et plus grande que l'objet car $|\gamma| > 1$.

Objet situé à l'infini :



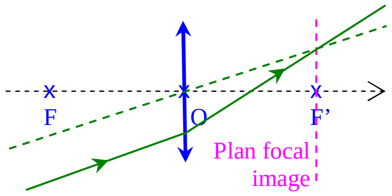
Tous les rayons incidents provenant d'un **point objet A situé à l'infini sur l'axe optique** de la lentille sont parallèles à l'axe optique.
Ils sont déviés par la lentille et **convergent** au **foyer image F'**.



Tous les rayons incidents provenant d'un **point objet B situé à l'infini en dehors de l'axe optique** de la lentille sont parallèles entre eux.
Ils sont déviés par la lentille et **convergent** en un point B' du **plan focal image**.
Ce point est déterminé grâce au rayon incident qui passe par O et n'est pas dévié.

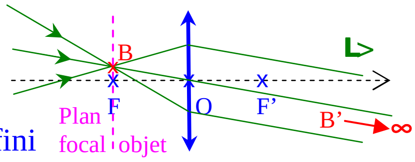
Si l'objet est situé à l'infini, son image se trouve dans le plan focal image de la lentille.

Méthode pour tracer la marche d'un rayon incident quelconque :



- Tracer en pointillé un rayon incident fictif parallèle à celui qui nous intéresse et passant par O : il traverse donc la lentille sans être dévié.
- Le rayon incident qui nous intéresse est dévié par la lentille de façon à couper le rayon fictif dans le plan focal image de la lentille.

Image résultante à l'infini :



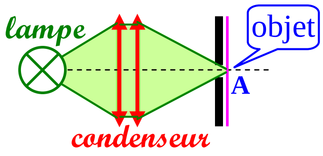
Si l'objet est situé dans le plan focal objet de la lentille, son image se trouve à l'infini

Utilisation du banc d'optique :

Intérêt : le banc d'optique sert de support aux différents composants d'un montage, il permet d'aligner leurs axes optiques et d'effectuer des mesures de distances entre ces composants.

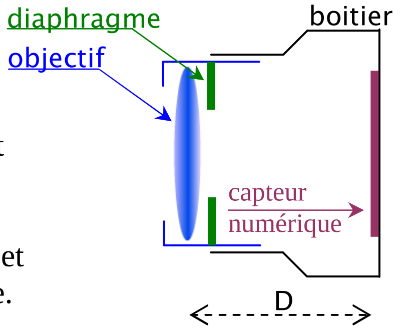
Réalisation d'un « objet » : une **feuille de papier calque** est plaquée contre une **plaque opaque percée d'un trou** dissymétrique (en forme de 1 ou de i) et est éclairé par une **lampe**.
L'objet est le **calque** qui **diffuse** dans toutes les directions la lumière de la lampe.

On peut **augmenter la quantité de lumière émise** par cet objet en intercalant entre la lampe et le trou un **condenseur** constitué par une ou deux lentilles très convergentes.



exosup.com page facebook

Instruments d'optique

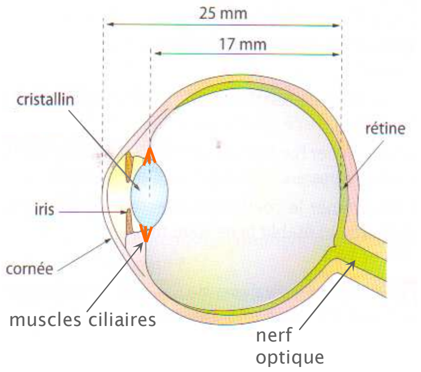


L'appareil photographique est constitué par :

- une lentille convergente appelée **objectif** qui permet de former une image réelle de l'objet que l'on souhaite photographier sur un capteur numérique.
- un **capteur numérique** constitué de pixels sensibles à la lumière qui délivrent un signal électrique proportionnel à la quantité de lumière emmagasinée pendant toute la durée où ils sont exposés à la lumière.
  Les informations correspondantes peuvent être stockées dans une carte mémoire et envoyées vers un écran à cristaux liquides pour visualiser l'image correspondante.
- un **diaphragme** constitué par un écran noir opaque percé d'un trou de diamètre ajustable de façon à réguler la quantité de lumière en provenance de l'objet qui pénètre dans l'appareil.
- un boitier par rapport auquel le bloc objectif peut se déplacer, de façon à pouvoir faire varier la distance D entre la lentille convergente et le capteur numérique.
- un **obturateur** situé entre l'objectif et le capteur numérique qui ne laisse passer la lumière que pendant une durée très brève, de l'ordre de 10ms. Sur le schéma ci-dessus, il est en position "ouvert" (non représenté).

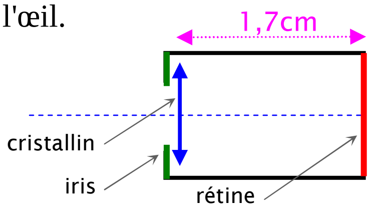
Comment l'appareil photo réalise-t-il la mise au point ?

Pour obtenir une image nette de l'objet photographié sur le capteur, la distance entre l'objectif et le capteur est ajustable.



L'œil est constitué par :

- une lentille convergente appelée **cristallin** qui permet de former une image réelle de l'objet que l'on souhaite observer sur la rétine.
- la **rétine** constituée de cellules photosensibles qui délivrent un signal électrique proportionnel à la quantité de lumière reçue. Les informations correspondantes sont transmises au cerveau par le nerf optique.
- l'**iris** qui délimite un trou circulaire de diamètre ajustable appelé **pupille** de façon à réguler la quantité de lumière en provenance de l'objet qui pénètre dans l'œil.

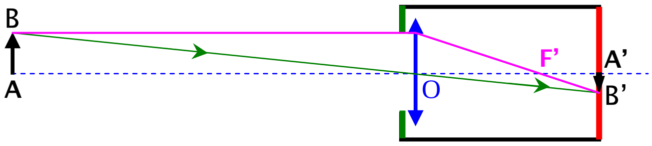


L'œil peut être modélisé par une lentille convergente qui forme l'image de l'objet observé sur un écran, et dont l'ouverture est délimitée par un diaphragme.

Comment l'œil accommode-t-il ?

La distance focale du cristallin est variable, grâce à l'action des muscles ciliaires qui sont **au repos** lorsque l'œil observe un objet situé à l'infini. La distance minimale de vision distincte pour un œil normal est de 25cm.

Comment trouver l'image B' d'un objet B sur la rétine ?



L'œil accommode donc l'image se forme toujours sur la rétine.
Tracer le rayon issu de B et passant par le centre optique O.
Il n'est pas dévié et rencontre la rétine au point image B'.

Pour trouver la position du foyer image F' du cristallin, tracer le rayon issu de B parallèle à l'axe optique. Il est dévié par le cristallin en direction de l'image B' et coupe l'axe optique en F'.

Si l'objet se trouve à l'infini, son image se forme dans le plan focal image de la lentille qui doit donc être confondu avec la rétine. Donc A' et F' sont confondus et $\overline{OF'} = 1{,}7\text{cm}$.

Comparaison du fonctionnement de l'appareil photo et de l'œil:

points communs: une lentille convergente forme une image réelle d'un objet sur un capteur de lumière.
un diaphragme limite la quantité de lumière qui atteint le capteur.

différences: la mise au point s'effectue en modifiant la distance entre la lentille et le capteur (appareil photo).
dans le cas de l'œil, cette distance est constante mais la vergence du cristallin peut varier.

exosup.com page facebook